

7/PR TS

1

09/806704  
JC02 Rec'd PCT/PTO 04 APR 2001

## Anordnung und Verfahren zur Überwachung der Performance von DWDM Mehrwellenlängensystemen

Bei dichtgepackten WDM-Systemen (dense WDM, DWDM) werden Nachrichten über Lichtsignale bei verschiedenen Wellenlängen über nur eine Faser übertragen. Jede Wellenlänge ist Träger eines Informationssignals. Dabei liegen alle Kanäle innerhalb des Wellenlängenbereichs von zur Zeit ca. 1520 nm bis 1565 nm. Der Kanalabstand beträgt wenige Nanometer bzw. einige hundert Picometer. Von der internationalen ITU-T Arbeitsgruppe wurden dabei zur Standardisierung dieser Telekommunikationssysteme die zu verwendenden Wellenlängen (entspricht den Kanälen) mit einem Kanalabstand von 100 GHz ( $\approx 0.8$  nm) als Standard empfohlen. Die weitere Entwicklung dieser DWDM-Systeme zielt auf die Erweiterung des nutzbaren Wellenlängenbereiches bis z.B. 1610 nm.

An vielen Stellen dieses Übertragungssystems werden Anordnungen zur laufenden Überwachung aller charakteristischer Parameter mit der Möglichkeit der Signalregeneration oder -verbesserung benötigt. Zu den wichtigsten Parametern gehören dabei die Wellenlänge und die Leistung aller Kanäle, die Überwachung der Linienbreite und der Wellenlängendrift der Laser, sowie das Signal-Rausch-Verhältnis in jedem Übertragungskanal. Typische Spezifikationsanforderungen für die Überwachung sind dabei:

- Wellenlängenmessung pro Kanal mit 0.08 nm absoluter Genauigkeit und 0.01 nm Auflösung
- Leistungsmessung pro Kanal mit 0.5 dB absoluter Genauigkeit und 0.1 dB Auflösung
- S/N-Messung zwischen den Kanälen mit 0.4 dB absoluter Genauigkeit, 0.1 dB
- Wiederholbarkeit und einer Dynamik von mindestens 33 dB
- Zuverlässigkeit über  $10^{10}$  Meßzyklen (ca. 20 Jahre)
- geringe PDL (0.1 dB max.)
- geringe Baugröße.

Zur Überwachung eignen sich grundsätzlich verschiedene Verfahren, die in konventionellen optischen Spektrumanalysatoren zur Anwendung kommen.

Bei der Filtertechnik werden zur Wellenlängenselektion durchstimbare, schmalbandige Filter verwendet. Es kommen akustooptische Filter (z.B. Fa. Wandel & Goltermann) oder piezoelektrisch gesteuerte Mikrofilter (z.B. Fa. Queensgate) oder durchstimbare Faser-Bragg-Gitter (z.B. Fa. ElectroPhotonics Corp. ) zum Einsatz, die direkt über eine elektrische Größe abstimmbare sind.

Die Filtertechnik beschränkt sich nicht nur auf die optische Filterung, sondern sie kann auch nach einer vorausgehenden Umsetzung in elektronische Signale auf der elektrischen Signalebene erfolgen. Bei der elektronischen Filterung wird das optische Signal in einem nichtlinearen optischen Bauelement mit einem optischen Referenzsignal gemischt und die Differenzfrequenzen auf einem elektronischen Spektrenanalyser ausgewertet (Fa. Hewlett Packard).

Eine weitere Variante ist die Gittermonochromatortechnik, bei der entweder das Gitter gedreht und das räumlich aufgelöste Signalspektrum mit einer einzelnen Photodiode abgetastet wird oder das Gitter feststeht und ein scannender Ablenkspiegel vor dem Ausgangsspalt des Monochromators vorgesehen ist, bzw. ein bewegliches Reflexionselement den Einfallswinkel der Strahlung auf das Gitter ändert ( z.B. Fa. Photonetics ) oder es wird ein feststehendes Gitter zusammen mit einer Photodiodenzeile als Detektoreinheit (z.B. Fa. Yokogawa) verwendet.

Bei der Interferometertechnik wird aus dem Detektorsignal eines Michelson-Interferometers mit variablen Weglängen mit Hilfe der Fouriertransformation das Spektrum gewonnen (z.B. Fa. Hewlett Packard).

Alle erwähnten, konventionellen Anordnungen sind nicht geeignet, die hohen Anforderungen, die bezüglich Auflösung, Meßgenauigkeit, ASE-Messung und Dynamik an eine Monitoring-Baugruppe für ein DWDM-System gestellt werden, gleichzeitig und in geeigneter Weise zu erfüllen und außerdem den Forderungen nach kurzer Meßzeit, Langlebigkeit und geringem Platzbedarf sowie kostengünstiger Ausführung zu entsprechen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein geeignetes Meßsystem zu realisieren, welches bezüglich Auflösung, Meßgenauigkeit, ASE-Messung und Dynamik, kurzer Meßzeit, Langlebigkeit und geringem Platzbedarf sowie kostengünstiger Ausführung den Anforderungen an ein DWDM-Monitorsystem genügt.

Erfindungsgemäß wird dies durch eine Anordnung mit zwei Varianten realisiert. Zum einen wird dies erfindungsgemäß durch ein schmalbandiges, abstimmbares Bandpassfilter, in Form eines speziellen Gitter-Spektrometers mit hoher Auflösung und schneller Abtastung der Meßwerte gemäß der Variante 1 nach Fig. 1 erreicht, zum anderen wird dies erfindungsgemäß mittels eines optoelektronischen Kreuzkorrelators in einer Variante nach Fig. 2 als eine rein elektronische Lösung vorgestellt.

#### **Variante 1:**

Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau der Ausführung aus Fasereingang 5, schmalbandigem, abstimmbarem Bandpassfilter 1 und Auswerteeinheit 3.

Spektrometer hoher Auflösung benötigen i.a. mehrere disperse und abbildende Elemente und werden in aufwendiger Weise auf die zu detektierende Wellenlänge eingestellt.

Ein auf der Basis eines Mehrfachspektrografen basierendes System ist in Fig. 3 beispielhaft dargestellt. Das Meßlicht gelangt über eine Lichtleitfaser 5 in die das Spektrometer enthaltende Optikeinheit 13. Das nach einer bestimmten Wellenlänge selektierte Licht gelangt aus der Optikeinheit 13 auf den Photodetektor 11. Das im Photodetektor aus dem Meßlicht gewonnene elektrische Signal wird über ein Tiefpassfilter 6 zum Signalprozessor 7 geführt. Hier erfolgt die Zuordnung der Wellenlänge, die aus dem Positionssignal 8 des Positionssensors 28 durch die Referenzeinheit 9 ermittelt wird und ebenfalls zum Signalprozessor 7 gelangt. Dieser Prozessor erzeugt auch die notwendigen Steuersignale für die Antriebseinheit 10 und den Gitterantrieb 12, die das wellenlängenbestimmende Element in der Optikeinheit 13 verstellt. Die im Signalprozessor errechneten charakteristischen Werte für die momentan eingestellte Wellenlänge werden in der Anzeigeeinheit 14 für den Nutzer dargestellt und für eine Weitergabe bereitgestellt.

Die Aufgabe, eine hohe Auflösung zu erreichen, wird durch den Aufbau eines speziellen Gitter-Spektrometers 1, in dem ein Echelle-Gitter oder ein für den zu überwachenden Wellenlängenbereich geblaztes Gitter in einer gemischten Aufstellung nach Ebert und Fastie und näherungsweise in einer Littrow-Anordnung montiert ist, gemäß Fig. 4 erfüllt. Die Lichtwege für das ein- und ausfallende Licht sind dabei nahezu symmetrisch. Durch die Mehrfachnutzung des Gitters und des einen abbildenden Elementes, welches ebenfalls mehrfach genutzt wird, zusammen mit mehreren Strahlumlenksystemen aus Planspiegeln oder Prismen, wird ein kompakter, stabiler, hochdispersiver und kostengünstiger Aufbau erreicht. Ein überwiegend symmetrischer Strahlengang in der optischen Einheit vermindert Abbildungsfehler, die zu einer drastischen Verschlechterung der Auflösung führen. Die Bewegung des Gitters zur Wellenlängenselektion kann, da nur ein Element bewegt wird, mit hoher Geschwindigkeit erfolgen. Die Nutzung nur eines Detektorelementes verhindert orts- bzw. elementabhängige Schwankungen der Empfindlichkeit. Außerdem wird eine weitgehende Unabhängigkeit von Polarisierungseffekten wie z.B. PDL (Polarisation dependend losses; polarisationsabhängige Verluste) erreicht, da die Strahlen bei dem geblazten Gitter bzw. dem Echelle-Gitter nahezu senkrecht auf die beugenden Gitterflächen treffen und in hohem Einfallswinkel mit kleinem Strahldurchmesser eine große Gitterlänge ausleuchten.

Die für die Zuordnung der Meßwellenlänge maßgebliche Winkelposition des dispergierenden Gitters wird durch eine Hilfseinrichtung, den Positionssensor, nach Fig. 5 bestimmt.

Für ein allgemeines Gitter gilt die Grundgleichung

$$m\lambda = d (\sin \alpha + \sin \beta), \quad (I)$$

wobei  $m$  die Ordnung,  $d$  der Linienabstand und  $\alpha$ ,  $\beta$  die Ein- bzw. Ausfallwinkel bezeichnen. Da bei einem Gitter in Littrow-Anordnung Ein- und Ausfallwinkel nahezu identisch sind, ergibt sich bei der Aufstellung nach Fastie die Vereinfachung:

$$m\lambda = 2 d \sin \alpha. \quad (II)$$

Bei der Aufstellung nach Ebert gilt die Grundgleichung (1). Die Strahlenführung wird dabei so ausgelegt, daß ein möglichst symmetrischer Strahlengang bezüglich des Hohlspiegels vorliegt. Da auch hier der Ein- bzw. Ausfallwinkel nahezu gleich sind, ist auch die Winkeldispersion in ähnlicher Größe wie bei der Aufstellung nach Fastie. Durch den mehrfachen, hier z.B. vierfachen Durchgang der Strahlung durch das dispersive Element vervierfacht sich auch die Gesamtdispersion und damit die Auflösung des Gerätes. Der symmetrische Strahlengang bezüglich des abbildenden Hohlspiegels bewirkt wegen der Nutzung symmetrisch liegender Spiegelbereiche eine weitgehende Kompensation der Abbildungsfehler, insbesondere des Astigmatismus, der zu einer erheblichen Verschlechterung der Auflösung führt.

Durch ein dielektrisches optisches Vorfilter als Bandpaß im Mehrfachstrahlengang wird Licht mit Wellenlängen außerhalb des DWDM-Bereiches unterdrückt. Das Filter wird dann z.B. nur von dem ca. 100 nm breite DWDM-Bereich passiert.

Die Detektion des gesamten Spektrums erfolgt durch einen einzigen Strahlungsdetektor, die Einstellung der zu detektierenden Wellenlänge erfolgt durch Verdrehen des Gitters um seine Hochachse, wobei dies sowohl durch einen motorischen Antrieb, als auch durch die Ausbildung als schwingfähige Feder-Masse-Anordnung mit Torsionsfedern erfolgt.

Desweiteren wird die Position des Gitters mit sehr hoher Präzision durch einen Hilfslaser erfaßt. Der fokussierte Strahl des Hilfslasers wird auf eine mit dem Gitter starr verbundene reflektierende Fläche gerichtet und der reflektierte Strahl einem Positionssensor mit einem Inkrementalmaßstab zugeleitet.

In Fig. 4 ist beispielhaft eine entsprechende Ausführung dargestellt. Das zu untersuchende Licht gelangt durch die Eintrittsöffnung, die als Fasereingang 25 ausgebildet ist, in das optische System. Der divergente Strahlengang wird durch den Kollimator und Kamaspiegel 27 zu einem parallelen Bündel geformt und näherungsweise unter dem Blazewinkel auf das Gitter 24 geleitet. Das gebeugte Bündel gelangt wieder zum Kollimator und Kamaspiegel 27, wird durch diesen fokussiert und gelangt auf die Spiegel 21 und 22, wird dort in der Weise umgelenkt, daß das nun wieder divergente

Bündel achsenparallel zum Kollimator und Kameraspiegel 27 geführt wird. Von dort trifft das Parallelbündel wieder das Gitter 24, wird wiederum gebeugt und trifft den Kollimator und Kameraspiegel 27. Von dort wird nun der Strahl zum Spiegel 15 und über die Spiegel 16, 17 und 18 gelenkt.

5 Nunmehr hat der Strahl eine Position oberhalb der optischen Achse erreicht und trifft wieder den Kollimator und Kameraspiegel 27, gelangt von dort wieder zum Gitter 24 und über den Kollimator und Kameraspiegel 27 ein weiteres Mal auf das Gitter 24. Von dort gelangt der noch stärker dispergierte Strahl wieder zum Kollimator und Kameraspiegel 27 und wird von dort zum  
10 Spiegel 19 und 20 geführt, trifft dann wieder den Kollimator und Kameraspiegel 27, dann das Gitter 24 und dann letztmalig den Kollimator und Kameraspiegel 27. Der fokussierte und vierfach dispergierte Strahl gelangt dann zum Signalausgang 26. Alle Strahlen, die mehrfach auf das Gitter 24 gelangen und von dort wieder zum Kollimator und Kameraspiegel 27 geführt  
15 werden, müssen das dielektrische Bandpassfilter 23 passieren und werden dort auf das Nutzfrequenzband beschnitten.

In Fig. 5 ist beispielhaft eine Ausführung der Positionserfassung dargestellt. Das Licht eines Hilfslasers 41 wird durch die Optik 42 auf den Inkrementalmaßstab 45 fokussiert. Die Drehung des Gitters 43 und die damit  
20 verbundene Drehung des mit dem Gitter starr verbundenen Spiegels 44 bewirkt eine Auslenkung des Laserstrahles über den Inkrementalmaßstab 45.

Die Beeinflussung der Laserintensität durch den Inkrementalmaßstab wird durch den nachgeordneten Detektor 46 erfaßt und der Auswertung zugänglich gemacht.

25 **Variante 2:**

Die Variante 2 nach Fig. 2, eine vollständig elektronische Lösung in Form eines optoelektronischen Kreuzkorrelators 2, verwendet an sich bekannte Verfahren der Hochfrequenztechnik. Hier werden allerdings zwei optische Signale miteinander gemischt, ohne vorher eine Umsetzung in  
30 elektrische Signale vorzunehmen. Diese beiden Signale sind einmal das zu untersuchende Meßlicht 5 und andererseits das aus einem durchstimmbaren Laser 4 stammende Referenzlicht. Beim Durchstimmen des Referenzoszillators (Laser) entsteht eine Schwebungsfrequenz, die bei

Annäherung an die Meßlichtfrequenz immer niederfrequenter wird und bei Frequenzgleichheit gegen Null geht. Dies ermöglicht die Verwendung von für den Niederfrequenzbereich vorgesehenen Bauelementen und somit auch für den Mischerausgang einen hochohmigen Lastwiderstand. Dies führt zu einer erheblichen Verbesserung der Nachweisempfindlichkeit. Während die von der optischen Überlagerungstechnik her bekannten Lösungen üblicherweise mit einem Lastwiderstand von 50 Ohm arbeiten, läßt diese Anordnung Widerstände von einigen Kiloohm zu. Der zu verarbeitende Frequenzbereich erstreckt sich dabei von einer frei zu wählenden unteren Grenzfrequenz, die zweckmäßigerweise oberhalb störender Netzfrequenz- und Basisbandkomponenten, die durch die Intensitätsmodulation der optischen Träger verursacht werden, liegt, bis zu einer oberen Grenzfrequenz, die die Integrationsbandbreite bestimmt. Diese Frequenz ist zweckmäßigerweise nicht wesentlich niedriger als die spektrale Breite des als Überlagerungssoszillator fungierenden durchstimmbaren Lasers. Der Vorteil einer solchen Anordnung besteht in der kompakten Ausführung, dem Fehlen beweglicher Teile, einer rein elektronischen Lösung unter Verwendung für den NF-Bereich geeigneter Bauelemente, der nur durch die Abstimmungsgeschwindigkeit des Referenzoszillators begrenzten Meßrate und einer hohen Empfindlichkeit bei fast beliebig kleiner Auswertebandbreite.

Die beiden Lichtsignale werden durch die folgenden Beziehungen beschrieben:

$$\mathbf{E}_M = E_M \left[ i \int_0^t \omega \, t \, dt \right] e_M$$

$$\mathbf{E}_R = E_R \left[ i \int_0^t \Omega \, t \, dt \right] e_R$$

Daraus ergibt sich der Photostrom:

$$\begin{aligned} I &= | \mathbf{E}_M + \mathbf{E}_R |^2 \\ &= \mathbf{E}_M^* \mathbf{E}_M + \mathbf{E}_R^* \mathbf{E}_R + 2 \operatorname{Re} \{ \mathbf{E}_M^* \mathbf{E}_R \} \\ &= E_M^2 + E_R^2 + 2 E_M E_R \cos \left[ \int_0^t (\omega - \Omega) t \, dt \right] \end{aligned}$$

Es ist erkennbar, daß der letzte Term einen zeitlich veränderlichen Strom beschreibt, der von den Amplituden beider Strahlungen und der Differenz der Lichtfrequenzen abhängt. Bei Annäherung beider Frequenzen entsteht ein niederfrequentes Signal mit der Maximalamplitude  $I_{\max} = 2 E_M E_R$ . Außerdem geht die Polarisationsrichtung beider Lichtquellen ein. Um diese Abhängigkeit auszuschalten, kann einerseits der Referenzlichtlaser oder die Meßlichtquelle in seiner Polarisationsrichtung statistisch veränderlich gemacht werden, oder es werden z.B. als Referenzlichtquelle zwei orthogonal polarisierte Strahlen zur Verfügung gestellt und die optische Mischung erfolgt in zwei getrennten Detektoren mit nachträglicher Verknüpfung in dem Signalprozessor. Als weitere Lösung kann z.B. der Referenzlaser zeitsequentiell in der Polarisationsenebene umgeschaltet werden und die nacheinander folgenden Messungen werden in dem Signalprozessor miteinander verknüpft.

In Fig. 6 wird die Variante 2 beispielhaft dargestellt. Die zu messende Strahlung gelangt über den Fasereingang 5 als Meßstrahl 39 auf ein nichtlineares optisches Bauelement, den Detektor 32. Gleichzeitig wird der Referenzstrahl 40 über die Polarisationseneinheit 47 zum Detektor 32 geführt. Die aus den optischen Signalen entstehenden elektrischen Mischprodukte gelangen über das Tiefpassfilter 33 zum Gleichrichter 34 und weiter zum digitalen Signalprozessor 35, der die Auswertung der Signale vornimmt, die Anzeigeeinheit 36 ansteuert und den Referenzlaser-Controller 37 mit dem abstimmbaren Laser 38 bedient.

Durch eine Wellenlängenkalibrierung 29 zur Wellenlängenzuordnung in beiden Varianten wird die Bereitstellung von Wellenlängenreferenzen ermöglicht. Dazu eignen sich bekannte Anordnungen wie z.B. Absorptionszellen, die Gase mit charakteristischen Absorptionslinien im erforderlichen Wellenlängenbereich enthalten. Wird eine solche Zelle in den Strahlengang z.B. des Spektrometers gebracht und das System breitbandig beleuchtet, so entstehen charakteristische Signalverläufe, mit denen eine genaue Wellenlängenzuordnung möglich ist. Eine andere Möglichkeit besteht in der Messung der Referenzlaserwellenlänge durch eine zusätzliche interferometrische Anordnung. Hierbei wird z.B. ein Teil des Lichtes des durchstimmbaren Referenzlichtlasers zu einem Interferometer geführt,



welches zusätzlich mit einer hochgenauen Lichtquelle versehen ist und in dem die beim Durchstimmen des Referenzlichtlasers entstehenden zeitlich veränderlichen Interferenzsignale der Zuordnung der momentan vorhandenen Wellenlänge dienen.

5 Die Zusammenführung von Meß- und Referenzlicht kann auf unterschiedliche Weise realisiert werden. In Fig. 6 ist die freie Einstrahlung von Meß-, Referenz- und gegebenenfalls Kalibrierlicht auf das nichtlineare Detektorbauelement 32 dargestellt.

10 In Fig. 7 ist dargestellt, daß die Zusammenführung der verschiedenen Strahlen durch ein faseroptisches Bauelement, welches als Bulk- oder Y-Koppler 48 ausgeführt ist, erfolgt. Das Meßsignal am Fasereingang 31 gelangt über den Koppler 48 zum Detektor 32. Das Licht des Referenzlasers 38 wird über die Polarisationsseinheit 47 in einem weiteren Koppler 48 mit dem Licht der Wellenlängenkalibrierung 29 kombiniert und im ersten Koppler 48 zum  
15 Meßlicht hinzugefügt.

In Fig. 8 ist beispielhaft eine zweikanalige Ausführung angegeben, die die angeführte Polarisationsabhängigkeit zu berücksichtigen gestattet. Das Meßlicht wird durch einen polarisierenden Strahlteiler 49 in zwei Kanäle orthogonaler Polarisierung geteilt. Der Referenzlaser 38 wird ebenfalls in zwei  
20 Strahlen orthogonaler Polarisierung aufgespalten und mit den zugehörigen Meßstrahlen auf zwei getrennte Detektoren 46 geführt. Die Ausgangssignale beider Detektoren gelangen dann zum Signalprozessor 35 und werden dort weiterverarbeitet.

**Patentansprüche:**

1. Anordnung zur Überwachung der Performance von DWDM Mehrwellenlängen-Systemen,  
dadurch gekennzeichnet, daß entweder ein schmalbandiges  
5 und durchstimmbares Bandpaßfilter (1) für den DWDM-Bereich durch eine  
~~Anordnung mit einem Gitter (24) in Littrow-Anordnung mit mehrfachem~~  
~~Strahldurchgang oder eine~~ rein elektronische, auf dem Prinzip der  
optoelektronischen Mischung in Form eines Kreuzkorrelators (2) vorliegt. >
2. Anordnung nach Anspruch 1,  
10 dadurch gekennzeichnet, daß das Gitter (24) in Littrow-  
Anordnung sowohl in Ebert'scher Aufstellung, als auch in Aufstellung nach  
Fastie für den Mehrfachdurchgang angeordnet ist.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, daß zur Vermeidung von  
15 polarisationsabhängigen Reflexionen als Gitter (24) ein solches mit ruled-  
grating, das einen nahezu senkrechten Einfall auf das Gitter (24)  
sicherstellt, vorliegt.
4. Anordnung nach Anspruch 1 bis 3,  
gekennzeichnet durch ein dielektrisches Vorfilter (22) zur  
20 Unterdrückung von Wellenlängen außerhalb des Meßbereiches, welches  
aufgrund des mehrfachen Durchlaufens seine wirksame Güte vervielfacht.
5. Anordnung nach Anspruch 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet, daß das Gitter (24) sowohl für  
eine Drehbewegung als auch eine periodisch oszillierende Bewegung zur  
25 Wellenlängeneinstellung eingerichtet ist.
6. Anordnung nach Anspruch 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Kombination eines  
bewegten Gitters (24) mit einem optischen Positionssensor (28) vorliegt.
7. Anordnung nach Anspruch 1 bis 6,  
30 gekennzeichnet durch einen Hilfslaser (41) zur Abtastung des sich

bewegenden Objekts zur Gewinnung eines Synchronsignals zur Wellenlängenzuordnung des Ausgangssignals der Anordnung.

8. Anordnung nach Anspruch 1 bis 7,  
gekennzeichnet durch einen Positionssensor (28) zur Gewinnung eines Positionssignals (8) des sich bewegenden Objektes.

9. Anordnung nach Anspruch 1 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet, daß der Positionssensor (28) aus einer linienförmigen Photodiode (46) und einem davor angebrachten Inkrementalmaßstab (45) besteht.

10. Anordnung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß zur optoelektronischen Mischung zweier optischer Signale zur Gewinnung des Meßsignals ein nichtlineares optoelektronisches Bauelement (30) angeordnet ist.

11. Anordnung nach Anspruch 1 oder 10,  
dadurch gekennzeichnet, daß das nichtlineare optoelektronische Bauelement eine Photodiode (32) ist.

12. Anordnung nach Anspruch 1, 10 oder 11,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Photodiode (32) zur direkten Einstrahlung beider Lichtquellen (39, 40) auf sie zur Zusammenführung der optischen Signale eingerichtet ist.

13. Anordnung nach Anspruch 1, 10 oder 11,  
gekennzeichnet durch einen Bulk- oder faseroptischen Y-Koppler (48) zur Zusammenführung der optischen Signale.

14. Anordnung nach Anspruch 1 oder 10 bis 13,  
dadurch gekennzeichnet, daß das elektronische Mischsignal im NF-Frequenzband liegt.

15. Anordnung nach Anspruch 1 oder 10 bis 14,  
gekennzeichnet durch einen Signalprozessor (35) zur Weiterverarbeitung, Gleichrichtung und weiteren Auswertung des NF-Nutzsignals.

16. Anordnung nach Anspruch 1 oder 10 bis 15,  
gekennzeichnet durch einen durchstimmbaren Laser (38) zur Erzeugung der Referenzstrahlung.

17. Anordnung nach Anspruch 1 oder 10 bis 16,  
dadurch gekennzeichnet, daß der durchstimmbare Laser (38)  
ein Diodenlaser oder Faserlaser ist.
18. Anordnung nach Anspruch 1 oder 10 bis 17,  
5 gekennzeichnet durch einen in Schritten umschaltbaren und  
innerhalb jeden Teilbereiches fein durchstimmbaren Laser (38) zur  
Erzeugung der Referenzstrahlung.
19. Verfahren zur Überwachung der Performance von DWDM-  
Mehrwellenlängen-Systemen,  
10 dadurch gekennzeichnet, daß man eine Anordnung nach  
Anspruch 1 bis 18 verwendet.

**Verzeichnis der Fig.**

- Fig. 1 Prinzipieller Aufbau eines schmalbandigen optischen Bandpassfilters  
aus Gitter-Spektrometer und Auswerteeinheit
- Fig. 2 Prinzip des optoelektronischen Kreuzkorrelators
- 5 Fig. 3 Prinzip des Gitter-Spektrometers mit Mehrfachdurchgang
- Fig. 4 Beispiel zum Aufbau und Strahlengang im Gitter-Spektrometer mit  
Mehrfachdurchgang
- Fig. 5 Aufbau des Positionssensors
- Fig. 6 Beispiel eines optoelektronischen Kreuzkorrelators
- 10 Fig. 7 Strahlzusammenführung durch Fiber-Koppler
- Fig. 8 Zweikanaliger optoelektronischer Kreuzkorrelator

**Legende zu den Fig.**

	1	Gitter-Spektrometer
	2	Optoelektronischer Kreuzkorrelator
	3	Auswerteeinheit
5	4	Referenzoszillator, Laser, Referenzlaser
	5	Eingangssignal, Lichtleitfaser, Fasereingang
	6	Tiefpaßfilter
	7	Signalprozessor
	8	Positionssignal
10	9	Referenzeinheit
	10	Antriebseinheit
	11	Photodetektor, Photodiode
	12	Gitterantrieb
	13	Optikeinheit
15	14	Anzeigeeinheit
	15	Spiegel
	16	Spiegel
	17	Spiegel
	18	Spiegel
20	19	Spiegel
	20	Spiegel
	21	Spiegel
	22	Spiegel
	23	Dielektrisches Vorfilter, dielektrisches Bandpaßfilter
25	24	Gitter
	25	Eingang, Fasereingang
	26	Ausgang
	27	Kollimator und Kameraspiegel
	28	Positionssensor
30	29	Wellenlängenkalibrierung
	30	Nichtlineares optoelektronisches Bauelement
	31	Fasereingang

	32	Detektor, nichtlineare Detektorbauelement, Photodiode
	33	Tiefpaßfilter
	34	Gleichrichter
	35	Signalprozessor
5	36	Anzeigeeinheit
	37	Referenzlaser-Controller
	38	Abstimmbarer Laser, Referenzlaser
	39	Meßstrahl
	40	Referenzstrahl
10	41	Hilfslaser
	42	Optik
	43	Gitter
	44	Spiegel
	45	Inkrementalmaßstab
15	46	Detektor, linienförmigen Photodiode
	47	Polarisationseinheit
	48	Bulk- oder Y-Faserkoppler
	49	Polarisierender Strahlteiler

09/806704

JC02 Rec'd PCT/PTO 0 4. APR 2001

## **Zusammenfassung**

### **Anordnung und Verfahren zur Überwachung der Performance von DWDM Mehrwellenlängensystemen**

5 Die Erfindung betrifft eine Anordnung und ein Verfahren zur  
Überwachung aller charakteristischen Parameter eines DWDM-  
Übertragungssystems.

Erfindungsgemäß wird dies durch zwei Varianten realisiert. Zum einen  
wird dies durch ein spezielles Gitter-Spektrometer 1 mit hoher Auflösung und  
schneller Abtastung der Meßwerte erreicht, zum anderen durch den Einsatz  
10 eines optoelektronischen Kreuzkorrelators 2 als eine rein elektronische  
Lösung.

Das Gitter-Spektrometer 1 ist zweckmäßig eine spezielle Anordnung in  
einer gemischten Aufstellung nach Ebert und Fastie, in dem das Gitter  
vierfach vom zu vermessenden Licht in der Weise durchlaufen wird.

15 Der optoelektronische Kreuzkorrelator 2 kann das Meßlicht mit einem in  
der Frequenz abstimmbaren Referenzlicht auf ein elektrisches  
Niederfrequenzsignal, welches hochohmig ausgewertet wird, mischen.